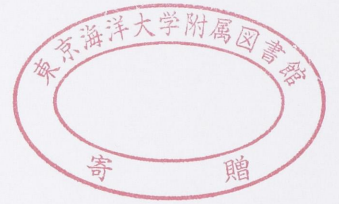


注文データに基づくピッキング方式の選定に関する研究

著者	趙 潔
学位授与機関	東京海洋大学
学位授与年度	2012
URL	http://id.nii.ac.jp/1342/00001303/



修士学位論文

注文データに基づくピッキング方式の 選定に関する研究

平成24年度

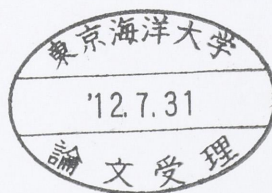
(2012年9月)

東京海洋大学院

海洋科学技術研究科

海運ロジスティクス専攻

趙 潔



目次

1. はじめに.....	2
1.1 研究背景.....	2
1.2 既存研究.....	3
1.3 研究目的.....	4
1.4 論文の構成.....	5
2. 研究対象.....	6
2.1 注文データについて	6
2.2 配送センターについて.....	7
2.2.1 運営主体による配送センターの分類	7
2.2.2 配送センターの機能.....	8
2.3 ピッキング作業について	10
2.4 注文データとピッキング方式の関連性	11
3. ピッキング作業のモデル化	12
3.1 ピッキングの作業工程と総作業時間の表現.....	12
3.2 作業時間の定式化.....	15
4. 作業時間の定式化を用いたピッキング方式の選定に関する検討.....	18
4.1 検討方法.....	18
4.2 摘み取り方式と種まき方式の第一段階の作業時間の比較	19
4.2.1 E、I、L の相互関係の検討.....	19
4.2.2 EN、IK と 1 の関係により検討.....	23
4.2.3 摘み取り方式と種まき方式第一段階の作業時間の比較結果	27
4.3 摘み取り方式と種まき方式の総作業時間の比較.....	28
4.4 検討結果.....	32
5. 異なる業種の注文データから見たピッキング方式の選定に関する検証	33
5.1 検証方法.....	33
5.2 対象注文データの分析.....	34
5.3 対象のピッキング作業時間の推計.....	35
5.4 検証結果.....	38
6. おわりに.....	39
6.1 研究結果.....	39
6.2 今度の課題	40
謝辞.....	41
参考文献	42

1. はじめに

1.1 研究背景

近年配送センターにおいては、川下に行くほど多品種高頻度少量の出荷特徴になってきた。また、ピッキングが関係する出荷業務の労働時間は全体の 61%を占めると報告されている⁽¹⁾。

このことからピッキング作業を対象とした作業改善が、配送センターにおける労働時間を短縮することが重要となっていることが分かる。

1.2 既存研究

既存研究の中で、配送センターにおける労働時間の削減のため作業改善の事例報告ではピッキング作業を対象とした報告が数多くあり(2)(3)(4)(5)(6)、また、研究においても作業時間を短縮するため、商品ロケーションの決定、保管設備のレイアウト、ピッキング経路の指示やピッキング方式の選択など項目はそれぞれ主な研究対象として検討された(7)(8)(9)(10)(11)(12)(13)(14)(15)(16)。

しかし、これらの項目において、最優先で考慮されるのはピッキング方式の選択である。まず、ピッキング方式が異なると、ピッキング作業の基本動作も異なる。次に、種まき方式は摘み取り方式と違い、注文された商品をまとめて取り出してから、それらの商品を保管、仕分け作業を行うので、保管場所と設備を用意する必要がある。したがって、ピッキング方式が変化すると、ピッキングエリアの保管設備のレイアウトもそれによって変わる。そして、商品のロケーションの決めることはピッキングエリアの保管設備のレイアウトと深い関係がある。例えば、注文頻度の高い商品はピッキング場のレイアウトによって取り出しやすい棚に置くわけである。つまり、ピッキング方式の選択は間接的に商品のロケーションに影響すると言える。同様に、作業員への適切なピッキング経路の指示は商品のロケーションを決める際と深い関係がある。

このことから考えると、ピッキング方式の選択はピッキングの作業時間の短縮を検討する際に考慮すべき全ての項目に影響を与えている。

一方、既存研究ではピッキング方式の選択に関する研究が数多くある(13)(14)(15)(16)。例えば、岩尾詠(13)がシングルピッキングとトータルピッキングの倉庫内作業時間の推計シミュレーションモデルを作り、二つのピッキング方式で作業する際に、作業員数及び出荷数量の増減による作業時間の変化がそれぞれ検討された。この研究が注文データ中のお荷数量だけ考えられる。しかし、出荷先数と出荷種類数なども需要と思われる。鈴木(15)(17)(18)(19)が注文データに基づく様々な研究をしている。例えば、注文データをEIQ分析により、若干のオーダーパターンを分けて、適切なピッキングリストを作成する。それにより、ピッキング効率を上げられることを説明した(15)。

本研究も鈴木(15)の注文データに基づいて研究する。しかし、ピッキング方式として摘み取り方式がよいのか、また、種まき方式がよいのか、そもそもどちらの方式が望ましいのか十分な検討がなされていない。例えば、商品毎にまとめてピッキングする種まき方式を採用するのであれば、各店舗から同じ商品が注文されていなければ意味がない。この注文データの特徴についての考慮が既存研究では不十分であった。

そこで本研究では、この注文データの特徴を踏まえて望ましいピッキング方式の選定を行うために、注文データと望ましいピッキング方式の関係を明らかにすることを目的とする。

1.3 研究目的

本研究では、この注文データの特徴を踏まえて望ましいピッキング方式の選定を行うために、注文データと望ましいピッキング方式の関係を明らかにすることを目的とする。

具体的には、まず、二つピッキング方式における総作業時間を推計するモデル式を構築する。そして、この式から注文データによって総作業時間がどのように変化するかその傾向を捉え、注文データと望ましいピッキング方式の関係を明らかにする。また、得られた関係について実際の注文データを用いて検証する。

1.4 論文の構成

本研究に関する論文の構成は以下のようになっている。

第1章では、研究背景や既存研究や本研究の目的についてまとめる。

第2章では、研究対象を紹介する。例えば、注文データ、配送センター及びピッキング作業についてまとめる。

第3章では、ピッキング方式における総作業時間を推計するモデル式を構築する。

第4章では、この式から注文データによって総作業時間がどのように変化するのかその傾向を捉え、注文データと望ましいピッキング方式の関係を明らかにする検討を行う。

第5章では、第4章で得られた関係について実際の注文データを用いて検証する。

第6章では、本研究で得られた成果や今度の課題についてまとめを行う。

2. 研究対象

2.1 注文データについて

配送センターにおける各注文先がからどのような種類の商品を何個注文したか整理し、注文データを作成する。データにおいて、注文先をE(Order Entry)、種類数をI (Item)、注文数量をQ(Quantity)、注文リストの行数をLと表す。例をとして注文データのイメージを表 2.1-1 に示す。

表 2.1-1 注文データのイメージ

E	I	Q
E1	I1	3
E1	I2	2
E2	I3	1
E2	I2	5
E3	I4	8

表 2.1-1 より、E は E1、E2、E3 を含めるため、E の数は 3 である。同様に、I の数は 4 である。また、この注文リストは 5 行あるため、L の数は 5 である。

更に分析する際、E I Q表を使用した。表 2.1-2 のように示す。種類毎にまとめた注文数量を種類毎注文量 I Q 行でまとめて書いた。種類毎にまとめた注文する客先数量は表の一番下側の注文重複数 I K 行で表す。また、客先毎にまとめた注文数量は注文数量 E Q 列に示す。客先毎にまとめた注文商品の種類数は表の右端の注文点数 E N 列に書いている。

表 2.1-2 E I Q 分析表

		種類				注文数量	注文点数
		I1	I2	I3	I4	EQ	EN
客先注文伝票	E1		3	2	0	5	2
	E2		0	5	1	6	2
	E3		0	0	0	8	1
種類毎注文量	IQ		3	7	1	19	GEN
注文重複数	IK		1	2	1	GIK	5

本研究では、配送センター毎注文締切りまでまとめた注文データを対象とする。

2.2 配送センターについて

2.2.1 運営主体による配送センターの分類

配送センターには、商品を川上から川下に流すための一般的な配送センターの他、加工センター、返品センター、リサイクルセンター、保税蔵置場などあります。その中一般的な配送センターがメーカー、卸売業、小売業等の運営主体によって三種類に分類されることができる(図 2.2.1)。

例えば、コンビニエンスのような多種少量の商品を扱う業種の場合には、まず多数のメーカーから商品を集積し、仕分け配送する必要性がある。

本研究では、軽量商品(お菓子や文房具など)を扱っている人的な小売り配送センターを対象とする。

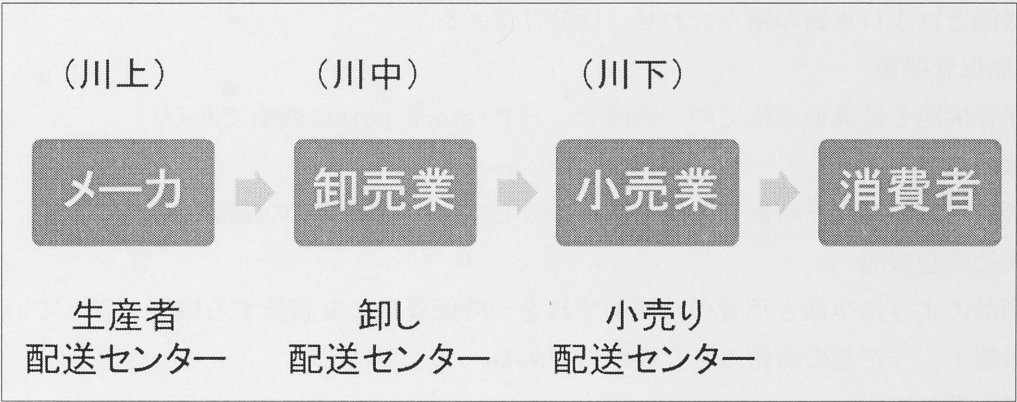


図 2.2.1 運営主体による配送センターの分類

2.2.2 配送センターの機能

物流施設は機能によって様々な形態で物流結節点の役割を果たしている。

本研究の研究対象となる軽量商品を扱っている人的な小売り配送センターは商品を供給者から荷受けをし、積み替え、保管、仕分け、流通加工、情報加工などを行い、需要者のニーズを的確に捉えるための重要な物流拠点である。

そして、その機能は以下の通りである。

① 積み替え機能

積み替え機能とは、例えば、大型貨物車から小型貨物車への輸送機関相互の積み替えなど。

② 混載機能

混載機能とは小口貨物の積み合わせ、仕分けである。

③ 流通保管機能

流通保管機能とは流通過程での一時保管、S P (stock point)機能である。

④ 貯蔵機能

貯蔵機能とは物品の一時保管機能である。そして、同時に以下の機能も有している。

● 需給調整機能

季節商品のように生産と消費の時間的ずれを一時保管により調整する機能を有している。これは販売戦略上、一定量の滞留の必要性からである。

● 価格調整機能

供給過大時には保管し、供給不足時に市場放出することにより価格安定に寄与する機能である。代表的なものとしては、冷凍マグロなどお比較的高価な物品が該当する。

● 連絡機関の機能

売り手と買い手の連絡機関の役割を担い、掛け売りを成立させ金融の円滑化を図っている。

● 売買機関の機能

卸から小売りへの物流の結節点としてのターミナル機能により売買機能を有している。

⑤ 流通加工機能

流通加工機能とは商品の小口化包装、ラベリング、値付け、組合せ、組み立て、切断、加工などを行うことで需要形態への適合作業である。

⑥ 情報サービス機能

情報サービス機能とは各種問い合わせ、スペース予約、運行到着情報、在庫管理情報などの情報サービス管理である。また販売先や最終需要者からの売れ筋情報をメーカーにフィードバックすることもある。

各機能に応じて配送センターは配送センターにおける一般的な作業手順は以下のようになっている（図 2.2.2）。

各作業の詳細は以下の通りである：

- a. 多種大量の商品を荷受けする。
- b. 商品の相違、瑕疵、数量をチェックし、出荷オーダーに即応できるよう荷捌きする。
- c. 保管する。

- d. 出荷オーダーを受けて直ちにピッキングを行う。
- e. 商品にラベル、値札などをつける
- f. 方面別に仕分けして出荷し、配送する。

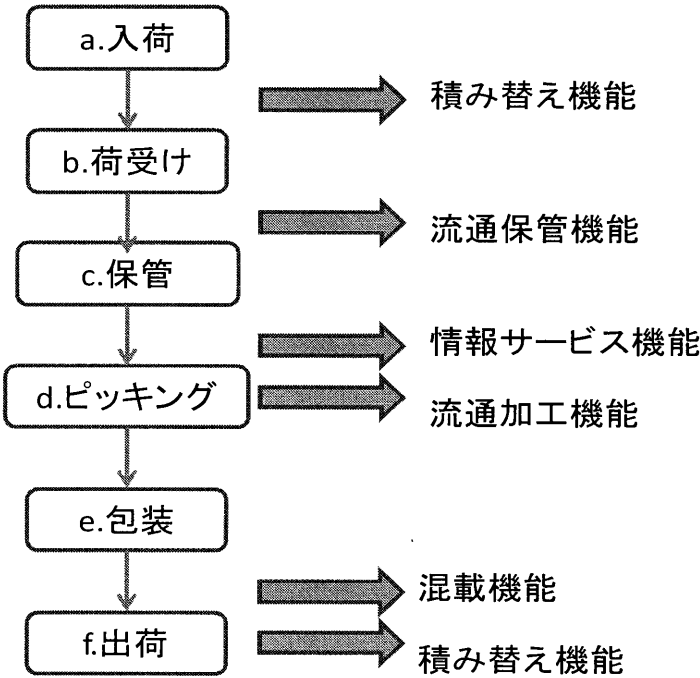


図 2. 2. 2 配送センターにおける作業手順

2.3 ピッキング作業について

ピッキング作業とは、受注した品物を保管してある場所から出荷指示により取り出す作業をいい、配送センターの作業の中で、特に人手を要し、時間のかかる作業はオーダーピッキング作業である。更に迅速、正確さを要求されるのもこの作業である⁽¹⁾。

ピッキング作業の手順は以下の通りである。

1. ピッキング指示を得る。
2. 商品コードまたは棚番または表示器を確認し、商品のある所まで移動する。
3. 商品を確認し、伝票または表示器を見て数量を確認する。
4. 数量分ピッキングする。
5. 伝票に確認印をつける、または表示器のボタンを押す。
6. ピッキングした商品を、次の工程へ搬送する。

そして、手順1のピッキング指示はピッキングの方法により異なる。ピッキングの基本的な方式として、摘み取り方式（シングルピッキング）と種まき方式（バッチピッキング）の2つの方法がある。

①摘み取り方式

摘み取り方式は、客先毎をキーとしてまとめた注文データにより、品物をピッキングする方式である。

②種まき方式

種まき方式は、複数の客先の注文データを品物の種類毎にまとめてピッキングし、その後、客先別に品物を仕分ける方式である。種まき方式にはいくつかの種類があり、出荷方面別種まき方式や、種類別種まき方式などがある。本研究では、種類別種まき方式を対象とする。

ピッキングの作業方法として

①人（ピッカー）が棚などへ品物に行ってピッキングする

②品物を人（ピッカー）のところへ回転棚などで自動的に持ってきてピッキングする

の二つの方法があり、人がモノのところへ行くか、モノが人のところへ来るかである。

サプライチェーンの川下にある小売業の配送センターなどでは、扱っている商品の形状が多品種で最小ピッキングが1個であり、包装材料も異なるために、効率的な自動化は困難である。そのため、作業方法の①を使っている配送センターが多い。

そして、本研究では作業方法の①を用い、バラピッキングを対象にし、検討を行う。

2.4 注文データとピッキング方式の関連性

ピッキング方式を選択する際に、異なるピッキング方式を比較する必要がある。その際に、最もよく使われた評価指標は作業時間である。本研究では、作業時間を評価指標として、摘み取り方式が良いのか、また、種まき方式が良いのかについて検討を行う。

注文データの特徴はピッキング作業の作業時間に影響がある。注文データにより作業時間がどのように変化するのかその傾向を捉え、注文データと望ましいピッキング方式の関係を明らかにする。

3. ピッキング作業のモデル化

3.1 ピッキングの作業工程と総作業時間の表現

ピッキングの作業工程と総作業時間の表現はピッキング方式によりそれぞれ以下のようになる：

摘み取り方式

中小企業庁が作成した「物流 ABC 準拠による物流施設パターン別ベンチマーキング・マニュアル」(20)により、台車を使い、ピースピッキングする場合において取り出し作業の基本作業工程構成は、

- 1) 台車で移動
- 2) 棚からピース商品を取り出す
- 3) 検数をし、確認する
- 4) 箱に詰める

となる

鈴木(17)による、基本作業工程構成は：

- 1) ピッキングをする品物が置いてある場所に行く
- 2) 品物がどこにあるか探す
- 3) 品物を取り出す
- 4) 品物を持って帰る

の四つに分けられる。

以上のことから、ピッキングの作業工程大きく①移動、②商品探索、③取り出しに3つを分類する。

図 3. 1-1 により具体的に説明する

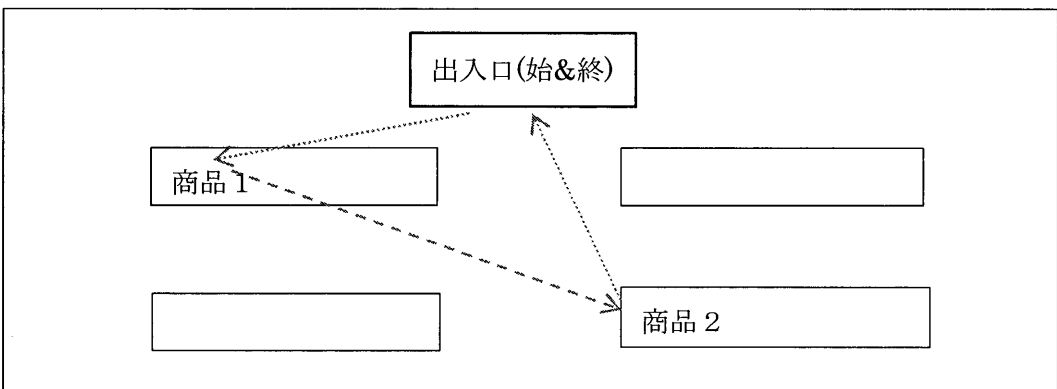


図 3. 1-1 摘み取り方式でピッキング作業の歩行動線のイメージ

上図は、ある客先が2種類の商品を注文する場合の図である。出入り口をピッキング作業の開始・終了位置とし、ピッキング従業員が出入り口からピッキング指示書に書かれている商品1が置かれている棚に①移動し、②商品探索し、注文数量だけ③取り出す。そして、商品2をピッキングするため、商品2が置かれている棚に①移動となる。商品2を取った後出入り口に戻る。そこで、一つのピッキング作業が完了とする。

以上のことから、ピッキング作業時間の表現する方法は、

- 1) 歩行時間
- 2) 探索時間
- 3) 取り出し時間

の三つを分けて考えられる。

種まき方式

種まき方式の総作業時間は二段階に分けられる。第一段階のピッキングエリアが先述した摘み取り方式と同様であり、作業方法も同様であるため、この段階でのピッキングの作業工程の構成は摘み取り方式と同様に考えられる。図 3.1-2 により具体的に説明する。

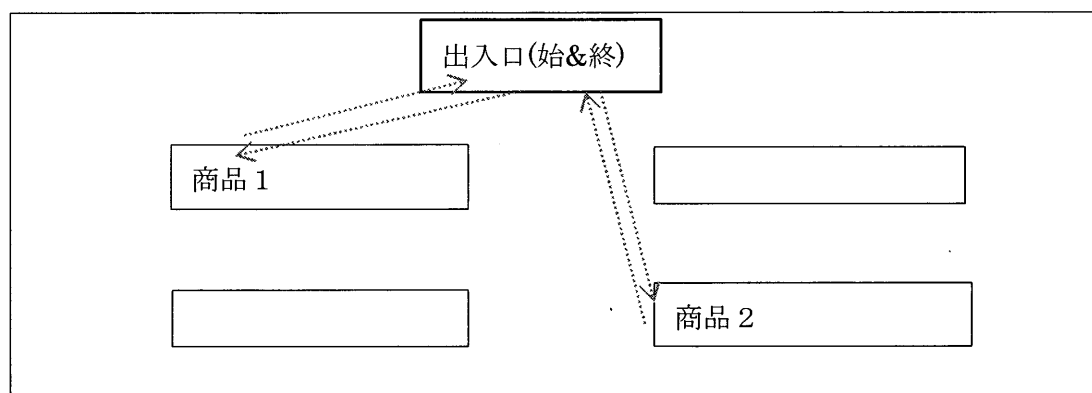


図 3.1-2 種まき方式の第一段階ピッキング作業の歩行動線のイメージ

種まき方式の第一段階では、品物を種類毎にまとめリストにより、ピッキングする。上図により、出入り口をピッキング作業の開始・終了位置とし、ピッキング従業員が出入り口からピッキング指示書に書かれている商品 1 が置かれている棚に①移動し、②商品探索し、注文数量だけ③取り出す。商品 1 を取った後出入り口に戻る。そこまで、一つのピッキング作業が完了とする。続いて、同様に商品 2 をピッキングするため、ピッキング従業員が出入り口からピッキング指示書に書かれている商品 1 が置かれている棚に①移動となる。以上のことから、ピッキング作業時間を表現する方法は、摘み取り方式と同様に考えられる。つまり、1) 歩行時間、2) 探索時間、3) 取り出し時間である。

種まき方式の第二段階のピッキングが客先毎商品を仕分けすることである。仕分ける形式は基本的に二種類である。①客先のオリコンを順番に並べて置き、商品をばらす形式と、②商品を種類毎に順番に並べて置き、客先のオリコンを持ち、注文商品を順番に取り出していく形式である。本研究では①形式を用い、また、移動距離が短いため、U形を仮定する。そして、ピッキングの作業工程の構成は：

- 1) 客先のオリコン置いてある場所に行く
- 2) 客先のオリコンがどこにあるか探す
- 3) 種類毎にまとめた品物を取り出す

以上のことから、ピッキングの作業工程大きく①移動、②客先探索、③取り出し 3 つに分類する。

図 3.1-3 により具体的に説明する

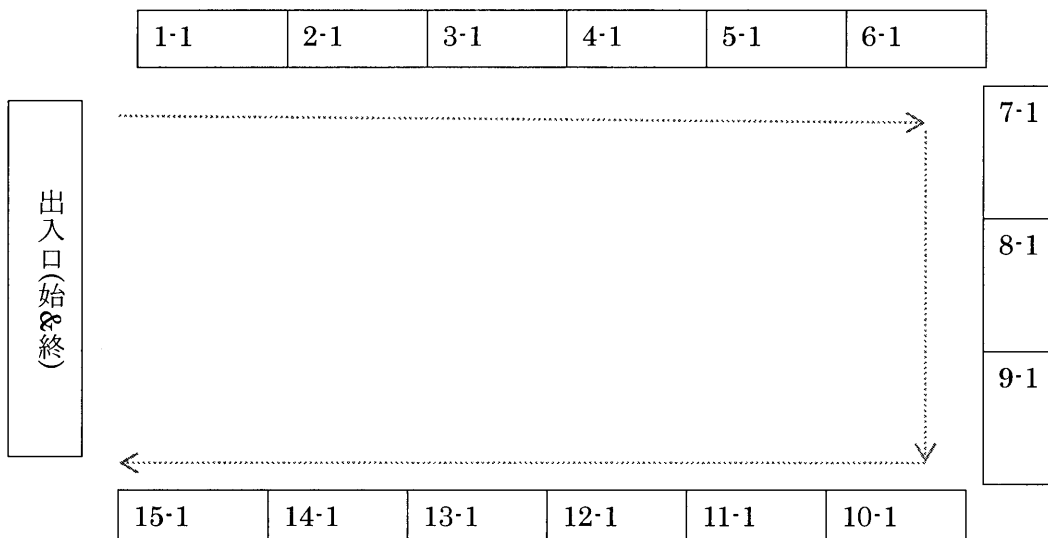


図 3.1-3 種まき方式の第二段階ピッキング作業の歩行動線のイメージ

上図のように、机上に仕分指示書が置いてある。種まき方式で第一段階ピッキングした商品が種類毎にオリコンにしまわれており、第二段階のピッキング場の出入口の所に置いていく。1-1から15-1までは客先別のオリコンが並んでいる。出入り口をピッキング作業の開始・終了位置とし、作業者はピッキング指示書と指示書に書かれている商品を持ち出入口からスタートし、1-1から客先のオリコン置いてある場所に①移動し、②客先探索し、注文数量だけ③取り出し同様に15-1まで順番に取り出した後出入口に戻る。そこまで、一つのピッキング作業が完了する。

以上のことから、ピッキング作業時間の表現する方法は、

- 1) 歩行時間
- 2) 探索時間
- 3) 取り出し時間

の三つを分けて考えられる。

種まき方式の第二段階のピッキング作業は摘み取り方式とことなるが、ピッキング作業時間の表現方法が同様になった。

3.2 作業時間の定式化

摘み取り方式と種まき方式の総作業時間を比較するため、総作業時間を推計するモデル式を構築する必要がある。

中小企業庁が作成した「物流 ABC 準拠による物流施設パターン別ベンチマーキング・マニュアル」(20)の標準作業時間を見ると、概ね「①移動」が移動速度と移動距離、「②商品探索」が行数、そして、「③取り出し」が個数(ピース数)から推計できることが示されている。

そこで、上述のピッキングの作業工程の分類と総作業時間の表現について、摘み取り方式と種まき方式それぞれ定式化できる(7)。

摘み取り方式

ある客先のピッキング作業に係る作業時間は、次のように表せる。

$$TSN_i = GT_i + ST_i + TT_i$$

TSN_i : 摘み取り方式における 1 回あたりのピッキング作業時間[秒]

GT_i : 取り出し時間[秒] (基本動作③)

ST_i : 探索時間[秒] (基本動作②)

TT_i : 移動時間[秒] (基本動作①)

$$GT_i = C1 \times EQ_i$$

$$ST_i = C2 \times EN_i$$

$$TT_i = C3 \times [D1 + D2 \times (EN_i - 1)]$$

$C1$: 取り出し係数[秒/個]

EQ_i : 個数[個] (注文数量)

$C2$: 探索係数[秒/行]

EN_i : 行数[行] (商品の種類数)

$C3$: 移動係数[秒/m] (移動速度の逆数)

$D1$: 往復の移動平均距離[m]

$D2$: 商品間の移動平均距離[m]

整理すると、

$$TSN_i = C1 \times EQ_i + C2 \times EN_i + C3 \times [D1 + D2 \times (EN_i - 1)]$$

したがって、摘み取り方式の総作業時間は次のように定式化できる。

$$\begin{aligned} TS &= \sum_{i=1}^E TSN_i = \sum_{i=1}^E C1 \times EQ_i + \sum_{i=1}^E C2 \times EN_i + \sum_{i=1}^E C3 \times [D1 \times 1 + D2 \times (EN_i - 1)] \\ &= C1 \times Q + C2 \times L + C3 \times [D1 \times E + D2(L - E)] \end{aligned}$$

整理すると、

$$TS = C3 \times (D1 - D2) \times E + C1 \times Q + (C2 + C3 \times D2) \times L \quad \text{式 1}$$

TS : 摘み取り方式におけるピッキング総作業時間[秒]

E : 客先数[個]

Q : 個数[個] (注文数量)

L : ピッキングリストの行数[行]

種まき方式

種まき方式は第一段階として商品の種類毎にピッキングを行い、第二段階として客先別に商品を仕分ける。したがって、段階毎に作業時間を定式化する。

ある種類商品のピッキング作業に係る作業時間は、次のように表せる。

(第一段階)

$$TB1N_i = GT_i + ST_i + TT_i$$

$TB1N_i$: 種まき方式第一段階における 1 回あたりのピッキング作業時間[秒]

GT_i : 取り出し時間[秒] (基本動作③)

ST_i : 探索時間[秒] (基本動作②)

TT_i : 移動時間[秒] (基本動作①)

$$GT_i = C1 \times IQ_i$$

$$ST_i = C2 \times 1$$

$$TT_i = C3 \times D1$$

IQ_i : 個数[個] (注文数量)

整理すると、

$$TB1N_i = C1 \times IQ_i + C2 \times 1 + C3 \times D1$$

したがって、種まき方式第一段階の総作業時間は次のように定式化できる。

$$\begin{aligned} TB1 &= \sum_{i=1}^I TB1N_i = \sum_{i=1}^I C1 \times IQ_i + \sum_{i=1}^I C2 \times 1 + \sum_{i=1}^I C3 \times D1 \\ &= C1 \times Q + C2 \times I + C3 \times D1 \times I \end{aligned}$$

$TB1$: 種まき方式第一段階におけるピッキング総作業時間

I : 商品種類数[個]

整理すると、

$$TB1 = (c2 + c3 \times D1) \times I + c1 \times Q \text{ ----- 式 2}$$

(第二段階)

$$TB2N_i = GT_i' + ST_i' + TT_i'$$

$TB2N_i$: 種まき方式第二段階における 1 回あたりのピッキング作業時間[秒]

GT_i' : 取り出し時間[秒] (基本動作③)

ST_i' : 探索時間[秒] (基本動作②)

TT_i' : 移動時間[秒] (基本動作①)

$$GT_i' = C1' \times IQ_i$$

$$ST_i' = C2' \times IK_i$$

$$TT_i' = C3' \times D1' \times 1$$

$c1'$: 取り出し係数[秒/個]

$c2'$: 探索係数[秒/行]

IK_i : 商品毎に注文された回数

$c3'$: 移動係数[秒/m] (移動速度の逆数)

$D1'$: 商品を取りに行く一回の平均移動距離[m]

整理すると、

$$TB2N_i = C1' \times IQ_i + C2' \times IK_i + C3' \times D1' \times 1$$

したがって、種まき方式第一段階の総作業時間は次のように定式化できる。

$$\begin{aligned} TB2 &= \sum_{i=1}^I TB2N_i = \sum_{i=1}^I C1' \times IQ_i + \sum_{i=1}^I C2' \times IK_i + \sum_{i=1}^I C3' \times D1' \times 1 \\ &= C1' \times Q + C2' \times L + C3' \times D1' \times I \end{aligned}$$

TB2 : 種まき方式第二段階におけるピッキング総作業時間

整理すると、

$$TB2 = C3' \times D1' \times I + C1' \times Q + C2' \times L \text{ ----- 式 3}$$

したがって、種まき方式総作業時間がまとめて以下様に定式化する。

$$TB = TB1 + TB2 = (C2 + C3 \times D1 + C3' \times D1') \times I + (C1 + C1') \times Q + C2' \times L \text{ ----- 式 4}$$

TB : 種まき方式におけるピッキング総作業時間[秒]

4.作業時間の定式化を用いたピッキング方式の選定に関する検討

4.1 検討方法

ピッキング作業として摘み取り方式と種まき方式のどちらがよいのか検討を行う。構築した式から注文データによって総作業時間がどのように変化するかその傾向を捉え、注文データと望ましいピッキング方式の関係を明らかにする。まずは、摘み取り方式の総作業時間と種まき方式の第一段階総時間について検討する。また、種まき方式の第二段階を含めて検討する。その理由としては、種まき方式の第一段階と摘み取り方式の作業場所が一緒であり、作業方法も一緒であるためである。また、変数がE（客先数）、I（種類数）、L（行数）の三つしかないので、比較簡潔になる。更に、最初の検討結果において、摘み取り方式の総作業時間の方が短いであれば、第二段階を含めて検討する意味がない。

摘み取り方式の総作業時間（TS）と種まき方式の第一段階総時間（TB1）検討する際、当検討では、作業方法を一つに絞り仮定している。

4.2 摘み取り方式と種まき方式の第一段階の作業時間の比較

4.2.1 E、I、L の相互関係の検討

ピッキング作業として摘み取り方式がよいのか、また、種まき方式がよいのかを検討するため、まずは、摘み取り方式の総作業時間と種まき方式の第一段階の総作業時間について比較する。以下の公式からTS とTB1を比較する。摘み取り方式の総時間（式1）から種まき方式第一段階の総時間（式2）を引き、整理すると式5のように表される。比較の結果としては、もし、 $TS < TB1$ の場合、摘み取り方式の方が良いと言えるが、 $TS > TB1$ の場合、種まき方式の方が良い可能性があると言える。具体的に、種まき方式の第二段階を含めて比較することが必要になる。

$TS - TB1 = C3 \times D1 \times (E - I) + C3 \times D2 \times (L - E) + C2 \times (L - I)$ ----- 式5

そこで、E、I、Lの三つ変数の大小関係から望ましいピッキング方式について検討する。まず、式5から基本的な傾向について検討する。検討する際、黒川（2011）⁽⁷⁾の既存研究のデータを使用した。

公式5の中には、 $TS - TB1$ は合計項、 $c3 \times D1 \times (E - I)$ は第一項、 $c3 \times D2 \times (L - E)$ は第二項、 $c2 \times (L - I)$ は第三項と言う。以下のように検討を行う。

- I と L が一定の場合、E が変わる

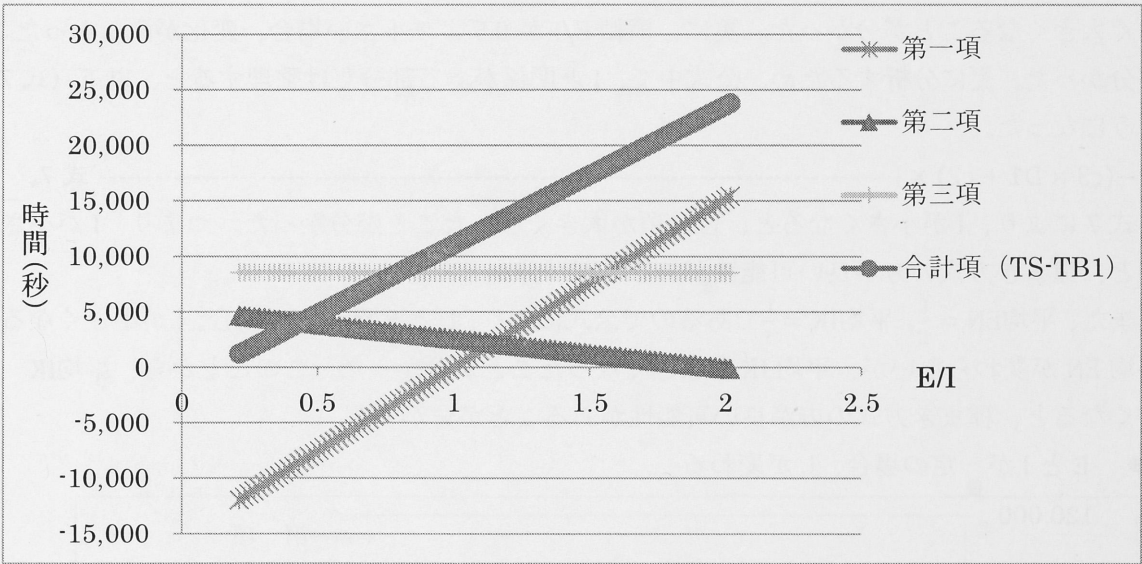


図 4.2.1-1 I と L が一定の場合、E が大きくなる

図 4.2.1-1 のように、E が大きくなると、合計項と第一項の部分が大きくなった。同時に第三項は変わらないが、第二項の部分が小さくなった。また、E が変わると第一項が激しく変化することが分かった。更に分析するため、公式中で E と関係がある部分だけ整理すると以下（式6）のようになった。

$c3 \times (D1 - D2) \times E$ 式6

式6により、 $D1$ が $D2$ より大きい場合、E が大きくなると、合計項が大きくなった。つまり、E が大きくなると、種まき方式の方が良い可能性があることが分かった。

また、平均 $EN = \frac{L}{E}$ 、平均 $IK = \frac{L}{I}$ であるので公式により、L と I が一定の場合、E が大きくなると、平均 EN が小さくなったが、平均 IK が変わらなかったことが分かった。このことから、平均 EN が小さくなると、種まき方式の方が良い可能性があることが分かった。

● E と L が一定の場合、I が変わる

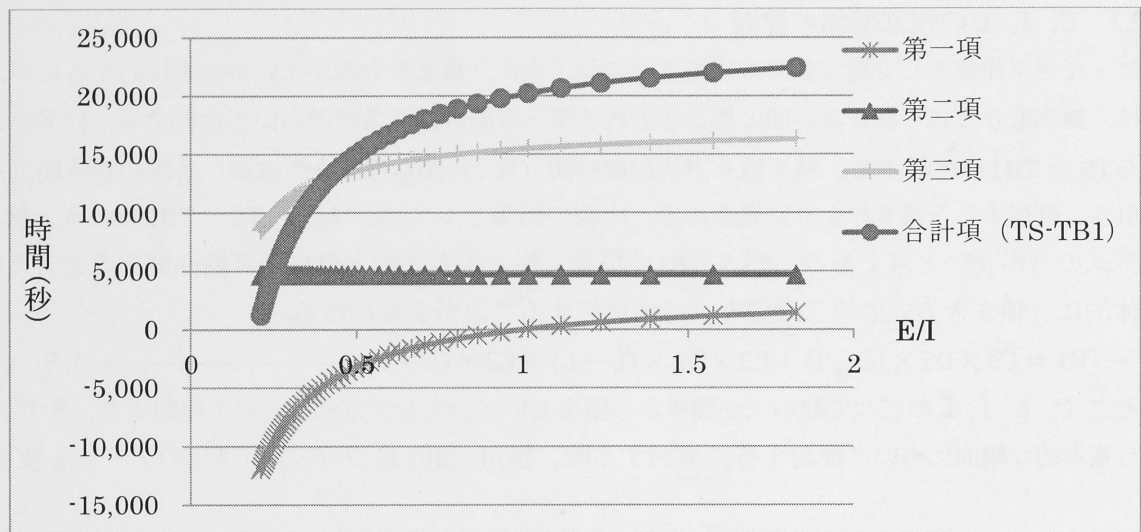


図 4. 2. 1-2 E と L が一定の場合、I が小さくなる

図 4. 2. 1-2 により、I が小さくなると、第二項は変わらないが、第一項、第二項の部分が大きくなってきた。また、合計項は第一項、第二項、第三項の加算なので、I が小さくなると合計項が激しく大きくなることが分かった。更に、横軸 E/I が 0.5 より小さい場合、変化が激しかったことが分かった。更に分析するため、公式中で、I と関係がある部分だけ整理すると、以下 (式 7) のようになった。

$$-(c3 \times D1 + c2) \times I \text{ ----- 式 7.}$$

式 7 により、I が小さくなると、合計項が大きくなったことが分かった。つまり、I が小さくなると、種まき方式の方が良い可能性があることが分かった。

また、平均 $EN = \frac{L}{E}$ 、平均 $IK = \frac{L}{I}$ であるので公式により、L と E が一定の場合、I が小さくなると、平均 EN が変わらないが、平均 IK が大きくなったことが分かった。このことから、平均 IK が大きくなると、種まき方式の方が良い可能性があることが分かった。

● E と I が一定の場合、L が変わる

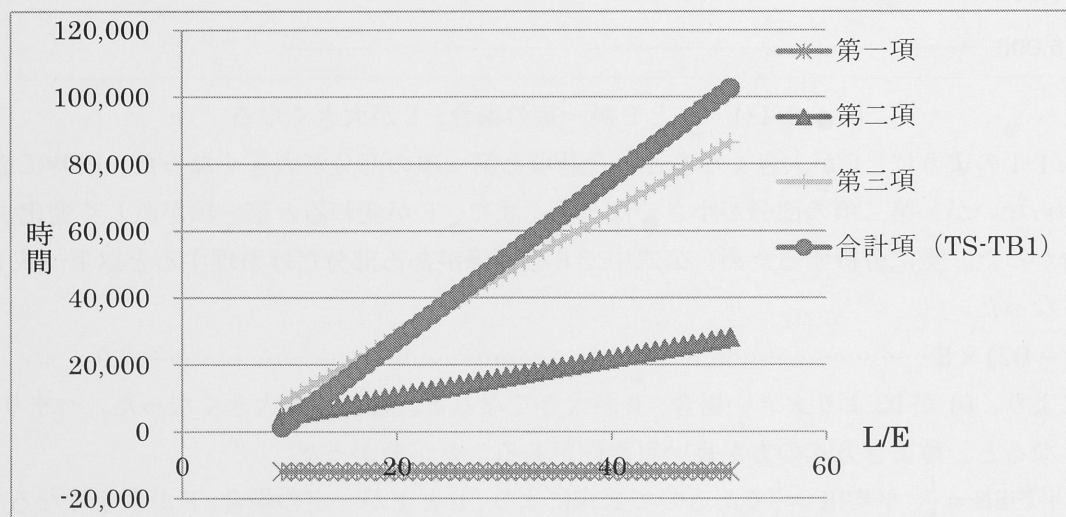


図 4. 2. 1-3 E と I が一定の場合、L が大きくなる

図 4. 2. 1-3 により、E と I が一定の場合、L が大きくなると、第一項は変わらないが、第二項、

第三項の部分が大きくなった。また、合計項は第一項、第二項、第三項の加算なので、Lが大きくなると合計項が激しく大きくなることが分かった。

更に分析するため、公式中で、Lと関係がある部分だけ整理すると、以下（式8）のようになった。

$$(c3 \times D2 + c2) \times L$$

----- 式8

式8によりLが大きくなると、合計項が大きくなったことが分かった。つまり、Lが大きくなると、種まき方式の方が良い可能性があることが分かった。

平均EN = $\frac{L}{E}$ 、平均IK = $\frac{L}{I}$ であるもで公式により、EとIが一定の場合、Lが大きくなると、平均ENと平均IKはどちらが大きくなった或いは両方とも大きくなったことが分かった。このことから、平均ENと平均IKどちらが大きくなると、種まき方式の方が良い可能性があることが分かった。

したがって、相対的にEとLの値が大きくなると種まき方式が望ましく、相対的にIの値が大きくなると摘み取り方式が望ましい傾向にあることが分かった。

次に、表4.2.1にLを一定とした場合のEとIの値の関係を示す。

表 4. 2. 1 オーダーパターンの分類

	$E < I$	$E = I$	$E > I$
Lが一定	オーダーパターン 1	オーダーパターン 2	オーダーパターン 3

オーダーパターン 1

式5 $TS - TB1 = c3 \times D1 \times (E - I) + c3 \times D2 \times (L - E) + c2 \times (L - I)$ の中では第一項の値は負、第二項の値は正、第三項の値は0以上であり、式5の値の符号は、はっきり判断できない。しかし、IがEより十分大きく、且つIとLがほぼ同じ値となる場合は、摘み取り方式の方が良い可能性があることが分かった。

オーダーパターン 2

式5 $TS - TB1 = c3 \times D1 \times (E - I) + c3 \times D2 \times (L - E) + c2 \times (L - I)$ の中では第一項の値は0、第二項の値は0以上、第三項の値は0以上であるので、式5の値は0以上である。したがって、Lが一定で、E=Iの場合、種まき方式の方が良い可能性があることが分かった。

オーダーパターン 3

式5 $TS - TB1 = c3 \times D1 \times (E - I) + c3 \times D2 \times (L - E) + c2 \times (L - I)$ の中では第一項の値は正、第二項の値は0以上、第三項の値は正であるので、式5の値は0以上である。したがって、Lが一定、またEがIより大きい場合、種まき方式の方が良い可能性があることが分かった。

上述をまとめて、以下のことが分かった。

①LとIが一定の場合、Eが大きくなると、平均ENが小さくなり、種まき方式の方が良い可能性があることが分かった。

②LとEが一定の場合、Iが小さくなると、平均IKが多くなり、種まき方式の方が良い可能

性があることが分かった。

③ E と I が一定の場合、 L が大きくなると、平均 EN と平均 IK どちらが大きくなり、種まき方式の方が良い可能性があることが分かった。

④ L が一定、 $E \geq I$ の場合、種まき方式の方が良い可能性があることが分かった。

⑤ L が一定、 I が E より十分大きく、且つ I と L はほぼ同じになる場合、摘み取り方式の方が良いことが分かった。

4.2.2 EN、IK と 1 の関係により検討

上述した式 5 に E 、 I 、 L 3 つの変数の関係を単純に検討した。また、 E 、 I 、 L 3 つの変数相互関係は注文データを分析する指標である EN （客先毎に注文した商品種類数）と IK （商品毎に注文された回数）関係している。したがって、 EN と IK から望ましいピッキング方式について検討を行う。表 4. 2. 2 に検討で用いる注文データのオーダーパターンを示す。

表 4. 2. 2 オーダーパターンの分類

	$IK = 1$	複数の商品 $IK > 1$
$EN = 1$	オーダーパターン①	オーダーパターン②
複数の客先 $EN > 1$	オーダーパターン③	オーダーパターン④

オーダーパターン①

$EN = 1$ 且つ $IK = 1$ 、イメージ図を図 4. 2. 2-1 に示す。

		商品種類																		
		I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅	I ₆	I ₇	I ₈	I ₉	I ₁₀	I ₁₁	I ₁₂	I ₁₃	I ₁₄	I ₁₅	I ₁₆	I ₁₇	I ₁₈	...
客 先	E ₁	*																		
	E ₂		*																	
	E ₃			*																
	E ₄				*															
	E ₅					*														
	E ₆						*													
	E ₇							*												
	E ₈								*											
	E ₉									*										
	E ₁₀										*									
	...																			

図 4. 2. 2-1 オーダーパターン①のイメージ図

図 4. 2. 2-1 により、各客先は一つの商品しか注文しておらず、かつ、ばらばらの商品を注文していることが分かった。この場合、 E と I 、そして、 L の値は等しく、式 5 の値は 0 となる。また、種まき方式の第二段階の仕分けは必要なく、このことから摘み取り方式と種まき方式がどちらでも良いことが分かった。

オーダーパターン②

$EN = 1$ が、複数の商品 $IK > 1$ 、イメージ図を図 4. 2. 2-2 に示す。

		商品種類																		
		I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅	I ₆	I ₇	I ₈	I ₉	I ₁₀	I ₁₁	I ₁₂	I ₁₃	I ₁₄	I ₁₅	I ₁₆	I ₁₇	I ₁₈	...
客先	E ₁	*																		
	E ₂	*																		
	E ₃	*																		
	E ₄	*																		
	E ₅	*																		
	E ₆	*																		
	E ₇	*																		
	E ₈	*																		
	E ₉	*																		
	E ₁₀	*																		
	...																			

図 4. 2. 2-2 オーダーパターン②のイメージ図

図 4. 2. 2-2 により、各客先は一つの商品しか注文しておらず、多くの商品が複数の客先から注文されていることが分かった。この場合の E、I、L の値の関係は、E=L と I<L となる。これより式 5 を整理すると、

$$TS - TB1 = (C_3 \times D_1 + C_2) \times (E - I) > 0$$

になった。

したがって、 $EN = 1$ が、複数の商品 $IK > 1$ の場合、種まき方式の方が良い可能性があることが分かった。

オーダーパターン③

複数の客先 $EN > 1$ 、 $IK = 1$ 、イメージ図を図 4. 2. 2-3 に示す。

		商品種類																		
		I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅	I ₆	I ₇	I ₈	I ₉	I ₁₀	I ₁₁	I ₁₂	I ₁₃	I ₁₄	I ₁₅	I ₁₆	I ₁₇	I ₁₈	...
客先	E ₁	*	*	*	*															
	E ₂					*	*	*												
	E ₃							*	*	*										
	E ₄										*	*								
	E ₅												*	*						
	E ₆														*	*				
	E ₇																	*	*	
	E ₈																			
	E ₉																			
	E ₁₀																			
	...																			

図 4. 2. 2-3 オーダーパターン③のイメージ図

図 4. 2. 2-3 により、各客先が複数の商品を注文しているが、ばらばらの商品を注文していることが分かった。この場合の E、I、L の値の関係は、 $E < L$ と $I = L$ となり、 $E < I$ となる。これより式 5 を整理すると、

$$TS - TB1 = C_3 \times (D_1 - D_2) \times (E - I)$$

になった。
 ばらばらに商品が注文されていることから種まき方式の第二段階の仕分け作業は不要であること(即ち $TB2 = 0$)を考慮すると次のように望ましいピッキング方式を考えることができる。
 $D1 > D2$ の場合、 $TS - TB < 0$ になり、摘み取り方式の方が良いことが分かった。逆に、 $D1 < D2$ の場合、 $TS - TB > 0$ になり、種まき方式の方が良いことが分かった。多くの場合 $D1 > D2$ の関係となることが考えられることから摘み取り方式が望ましいといえる。

オーダーパターン④

複数の客先 $EN > 1$ 、且つ複数の商品 $IK > 1$ である。この場合の E、I、L の値の関係は、 $E < L$ と $I < L$ となる。したがって、式 5 $TS - TB1 = c3 \times D1 \times (E - I) + c3 \times D2 \times (L - E) + c2 \times (L - I)$ の中では、第 2 項($C_3 \times D_2 \times (L - E) > 0$)と第 3 項($C_2 \times (L - I) > 0$)の値は正となる。しかし、第 1 項の値は E と I の値の大小関係によって決まるため、 $E \geq I$ と $E < I$ の二つ場合に分けて検討する。
 $E \geq I$ の場合は、イメージ図を図 4. 2. 2-4 に示す。

		商品種類																		
		I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅	I ₆	I ₇	I ₈	I ₉	I ₁₀	I ₁₁	I ₁₂	I ₁₃	I ₁₄	I ₁₅	I ₁₆	I ₁₇	I ₁₈	...
客先	E ₁	*	*	*	*	*	*	*	*											
	E ₂	*		*	*	*	*	*	*											
	E ₃	*	*	*	*		*	*	*											
	E ₄	*	*	*			*	*	*											
	E ₅	*	*	*		*	*		*											
	E ₆	*	*		*		*	*	*											
	E ₇	*		*	*	*		*	*											
	E ₈	*	*			*		*	*											
	E ₉	*	*	*		*			*											
	E ₁₀	*			*	*		*	*											
	...																			

図 4. 2. 2-4 オーダーパターン④、 $E \geq I$ の場合のイメージ図

この時、式 5 の第 1 項 $C_3 \times D_1 \times (E - I)$ の値が 0 以上となることから種まき方式の方が良い可能性があることが分かった。
 $E < I$ の場合、イメージ図を図 4. 2. 2-5 に示す。

		商品種類																		
		I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅	I ₆	I ₇	I ₈	I ₉	I ₁₀	I ₁₁	I ₁₂	I ₁₃	I ₁₄	I ₁₅	I ₁₆	I ₁₇	I ₁₈	...
客先	E ₁	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	E ₂	*	*	*	*		*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*
	E ₃	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*
	E ₄	*	*	*	*		*	*	*	*	*		*	*	*		*	*	*	*
	E ₅	*		*	*		*	*	*	*	*	*	*		*	*	*		*	*
	E ₆	*	*	*	*	*	*			*	*	*	*	*			*	*	*	*
	E ₇																			
	E ₈																			
	E ₉																			
	E ₁₀																			
	...																			

図 4.2.2-5 オーダーパターン④、E<I の場合のイメージ図

この時、式 5 の第 1 項 $C_3 \times D_1 \times (E - I)$ の値は負となり、望ましいピッキング方式は係数の値によって異なる。

- ENとIKを用いて検討する結果をまとめ、以下のことが分かった。
- ① $EN = 1$ 且つ $IK = 1$ の場合、摘み取り方式と種まき方式がどちらでも良いことが分かった。
 - ② $EN = 1$ が、複数の商品 $IK > 1$ の場合、種まき方式の方が良い可能性があることが分かった。
 - ③ 複数の客先 $EN > 1$ 、 $IK = 1$ の場合、多くの場合 $D1 > D2$ の関係となることが考えられることから摘み取り方式が望ましいといえる。
 - ④ 複数の客先 $EN > 1$ 、複数の商品 $IK > 1$ 、また $E > I$ の場合、種まき方式の方が良い可能性があることが分かった。
 - ⑤ 複数の客先 $EN > 1$ 、複数の商品 $IK > 1$ 、また $E \leq I$ 且つ $c3 \times D1 \times (I - E) < c3 \times D2 \times (L - E) + c2 \times (L - I)$ の場合、種まき方式の方が良い可能性があることが分かった。

4.2.3 摘み取り方式と種まき方式第一段階の作業時間の比較結果

4.2.1 と 4.2.2 の検討より、摘み取り方式と種まき方式第一段階の作業時間を比較した結果、注文データ中の E (客先数)、 I (種類数)、 L (行数) の値の大小関係により、望ましいピッキング方式が異なることが分かった。相対的に E と L の値が大きくなると種まき方式が望ましく、相対的に I の値が大きくなると摘み取り方式が望ましい傾向にあることが分かった。具体的に、

①複数の客先 $EN > 1$ 且つ $IK = 1$ 、また $D1 > D2$ の場合、摘み取り方式の方が良いことがわかった。

②複数の客先 $EN > 1$ 且つ複数の商品 $IK > 1$ 、また $E \geq I$ の場合、摘み取り方式の方が良いことがわかった。

③ $E \ll I$ 、且つ $I \approx L$ の場合、摘み取り方式の方が良い可能性があることがわかった。

④ $E \geq I$ の場合、種まき方式の方が良い可能性があることが分かった。

⑤ $EN = 1$ 、また複数の商品 $IK > 1$ の場合、種まき方式の方が良い可能性があることが分かった。

⑥ $E = I = L$ 或いは $EN = 1$ 、 $IK = 1$ の場合、摘み取り方式と種まき方式どちらでも良いことが分かった。

4.3 摘み取り方式と種まき方式の総作業時間の比較

4.2 の検討結果により、種まき方式の方が良い可能性がある場合もあるので、種まき方式第二段階を含めてピッキング方法の作業総時間を検討する。比較のため、摘み取り方式（式 1）から種まき方式（式 4）を引き、整理すると式 12 のように表される。

結果としては、もし、 $TS < TB$ の場合、摘み取り方式の方が良いことが分かるが、 $TS > TB$ の場合、種まき方式の方が良いことが分かる。

$$TS - TB = c3 \times (D1 - D2) \times E - (c2 + c3 \times D1 + C3' \times D1') \times I - C1' \times Q + (c2 + c3 \times D2 - c2') \times L \text{ ----- 式 12}$$

式 12 中に E、I、Q、L の 4 つの変数がある。E、I、Q、L の 4 つの変数がそれぞれ変化すると、公式 12 の結果にどのような影響を与えるかについて検討する。

- I、Q、L が一定の場合、E が変わる

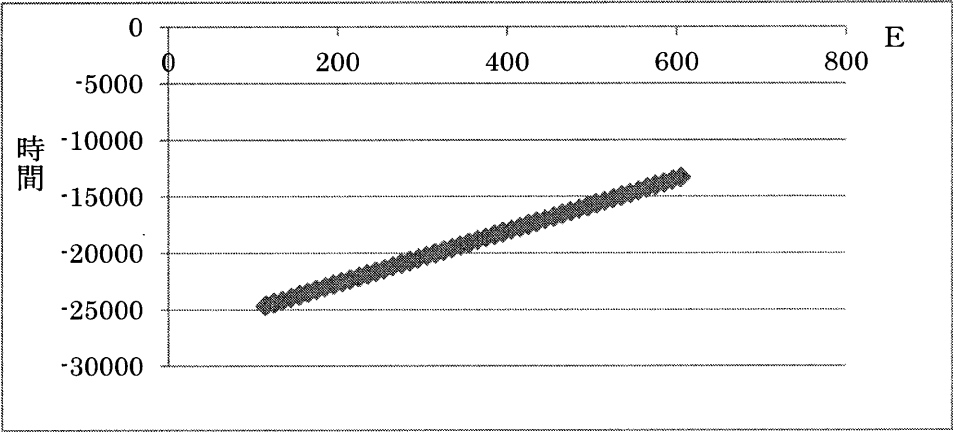


図 4.3-1 I、Q、L が一定の場合、E が大きくなる

図 4.3-1 により、I、Q、L が一定の場合、E が大きくなると、種まき方式が望ましいことが分かった。

- E、Q、Lが一定の場合、Iが変わる

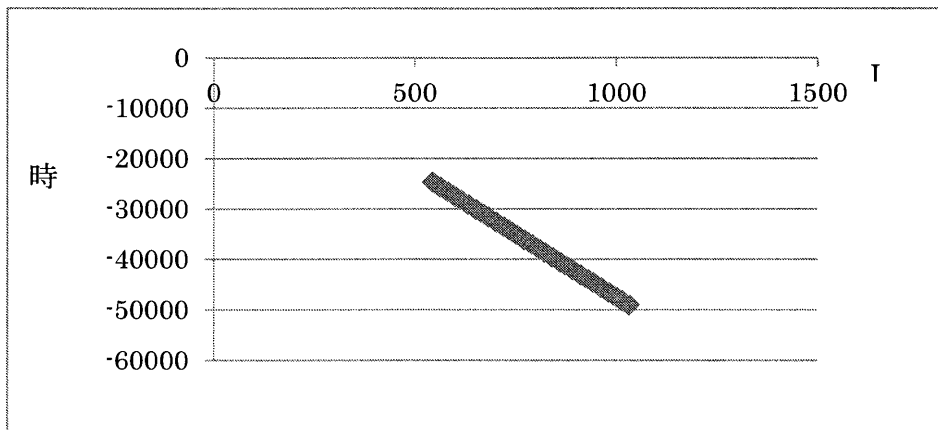


図 4.3-2 E、Q、Lが一定の場合、Iが大きくなる

図 4.3-2 により、E、Q、Lが一定の場合、Iが大きくなると、摘み取り方式が望ましいことが分かったが。

- E、I、Lが一定の場合、Qが変わる

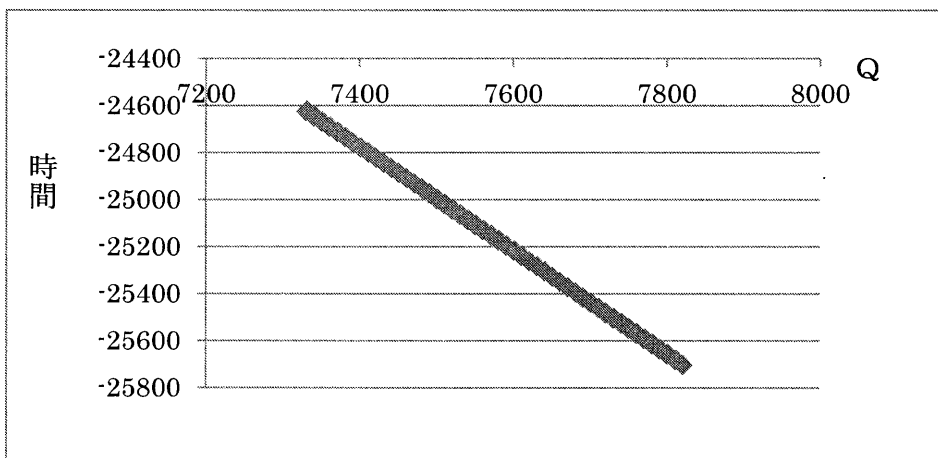


図 4.3-3 E、I、Lが一定の場合、Qが大きくなる

図 4.3-3 により、E、I、Lが一定の場合、Qが大きくなると、摘み取り方式が望ましいことが分かった。

- E、I、Qが一定の場合、Lが変わる

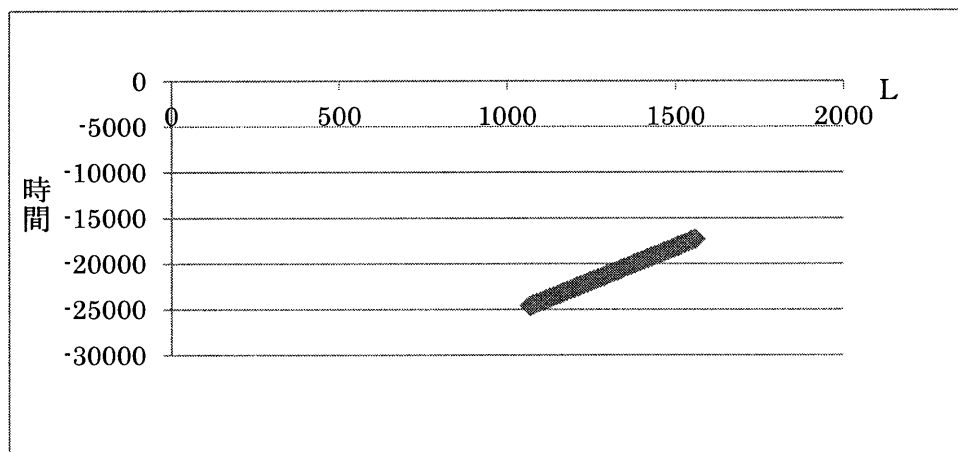


図 4.3-4 E、I、Qが一定の場合、Lが大きくなる

図 4.3-4 により、E、I、Q、が一定の場合、Lが大きくなると、種まき方式が望ましいことが分かった。

上述ではE、I、Q、Lの4つの変数がそれぞれ変化すると公式 12 の結果にどのような影響を及ぼすか検討した。結果としては、EとLが一定の場合、IとQが大きくなると、摘み取り方式の方が望ましくなる傾向にあり、また、IとQが一定の場合、EとLが大きくなると、種まき方式の方が望ましくなる傾向にあることが分かった。下図（図 4.3-5）に示す。

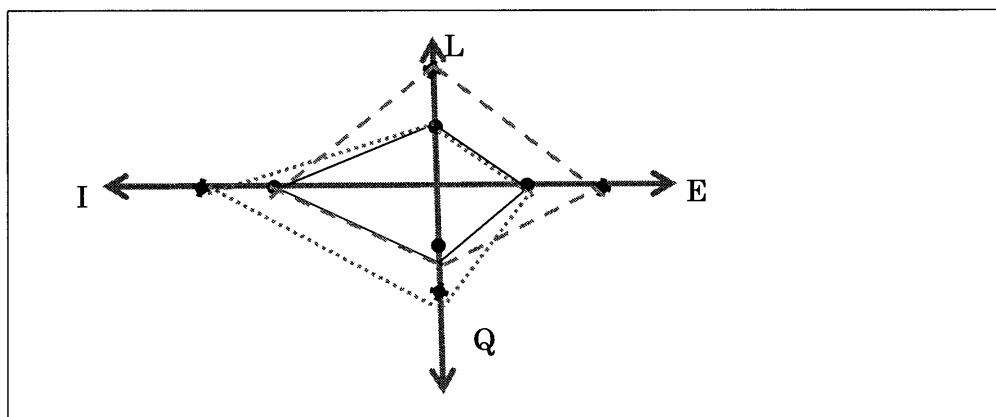


図 4.3-5 E、I、Q、Lの変化が総作業時間差の影響のイメージ図

図 17 では直交座標軸を用い、Xの正軸をEとし、Xの負軸をIとし、Yの正軸をLとし、Yの負軸をQとして、摘み取り方式と種まき方式の総作業時間同様な各変数点を出す。そして、上記の変数項をそれぞれ直角座標軸にプロットさせ各点を結び、四角形（——）を形成する。この四角形のE、I、Q、Lは、摘み取り方式と種まき方式のどちらを行っても良い場合の時適切な点である。この上で、EとLのみ大きくした場合、四角形（---）が右上方向に延びることになった。その時、種まき方式が望ましいピッキング方式になることが分かった。また、IとQが大き

くした場合、四角形（……）が左上方向に延びることになった。その時、種まき方式が望ましいピッキング方式になることが分かった。

4.4 検討結果

上述の通り、定式化を用いて注文データの特徴から見た望ましいピッキング方式の選定に関する検討の結果としては、

注文データ中の E (客先数)、 I (種類数)、 Q (数量)、 L (行数) の値の大小関係により、望ましいピッキング方式が異なることが分かった。相対的に E と L の値が大きくなると種まき方式が望ましく、相対的に I と Q の値が大きくなると摘み取り方式が望ましい傾向にあることが分かった。具体的に、

①複数の客先 $EN > 1$ 且つ $IK = 1$ 、また $D1 > D2$ の場合、摘み取り方式の方が良いことがわかった。

②複数の客先 $EN > 1$ 且つ複数の商品 $IK > 1$ 、また $E \geq I$ の場合、摘み取り方式の方が良いことがわかった。

③ $E \ll I$ 、且つ $I \neq L$ の場合、摘み取り方式の方が良い可能性があることがわかった。

④ $E \geq I$ の場合、種まき方式の方が良い可能性があることが分かった。

⑤ $EN = 1$ 、また複数の商品 $IK > 1$ の場合、種まき方式の方が良い可能性があることが分かった。

⑥ $E = I = L$ 或いは $EN = 1$ 、 $IK = 1$ の場合、摘み取り方式と種まき方式どちらでも良いことが分かった。

5. 異なる業種の注文データから見たピッキング方式の選定に関する検証

5.1 検証方法

本研究では日用雑貨を取り扱っている卸売業者Aの配送センター、お菓子（バラ）を取り扱っている卸売業者Bの配送センターとアパレル通販を取り扱っている卸売業者Cの配送センター3つ業種の配送センターを対象とし、4章で得られた注文データと望ましいピッキング方式の関係について検証する。

5.2 対象注文データの分析

日用雑貨を取り扱っている卸売業者Aの配送センター、お菓子（バラ）を取り扱っている卸売業者Bの配送センターとアパレル通販を取り扱っている卸売業者Cの配送センター三つ業種の配送センターある一日の注文データ表 5.2 に示す。

表 5.2 三つ業種の一日の注文データ

データ \ 業種	E	I	Q	L	EN= 1	EN>1	IK= 1	IK>1
日用雑貨（A）	121	1257	16751	1980	11.6%	88.4%	71.3%	28.7%
お菓子（バラ） （B）	313	189	3743	2975	5.4%	94.6%	7.9%	92.1%
アパレル（C）	387	611	644	641	61.0%	39.0%	95.7%	4.3%

第 4 章の検討結果より、日用雑貨の注文データは I が E より大きく、L とほぼ同じであることから摘み取り方式が望ましいピッキング方式と判断できた。お菓子（バラ）の注文データは、90% 以上が EN>1、IK>1 の注文で、また、E が I より大きい。これより、種まき方式が望ましいピッキング方式を判断できた。アパレルとは、衣服のことである。同じデザインの服（ホワイトシャツを除く）を何着も購入する人はあまりいないだろう。この点が上表のアパレルデータの IK =1 がほぼ 100% と占めていることから証明できる。また、I が E より大きく、L とほぼ同じである。このことから、アパレルでは摘み取り方式が望ましいピッキング方式と判断できた。

5.3 対象のピッキング作業時間の推計

第4章で得られた結果によって、上節で望ましいピッキング方式の判断が妥当か確認するため、日用雑貨を例として注文データ毎に摘み取り方式と種まき方式の総作業時間を推計して検証する。日用雑貨のピッキングエリア及び仕分エリアを図5.3-1、5.3-2それぞれに示す。

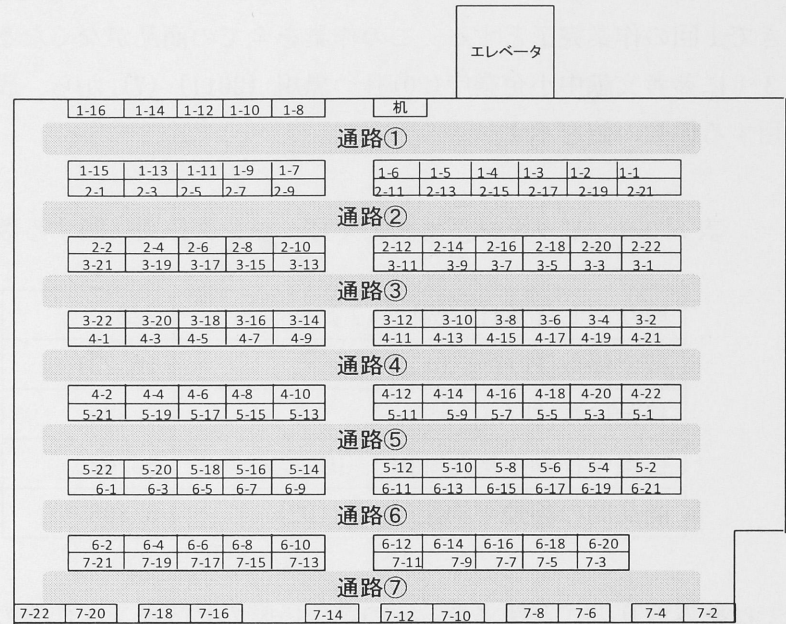


図 5.3-1 ピッキングエリアのレイアウト

図5.3-1で示したようなピッキングエリアで摘み取り方式と種まき方式の第一段階のピッキング作業をする場所である。作業者はエレベータの前においてある台車にオリコンを載せた後、通路①にある机から客先別にピッキング指示書を受け取る。そして、注文にあった商品をピッキングし、ピッキングが完了したらエレベータ前の仮置き場に台車を置いて1つのピッキング作業が完了する。この作業を全てのピッキング指示書がなくなるまで行う。

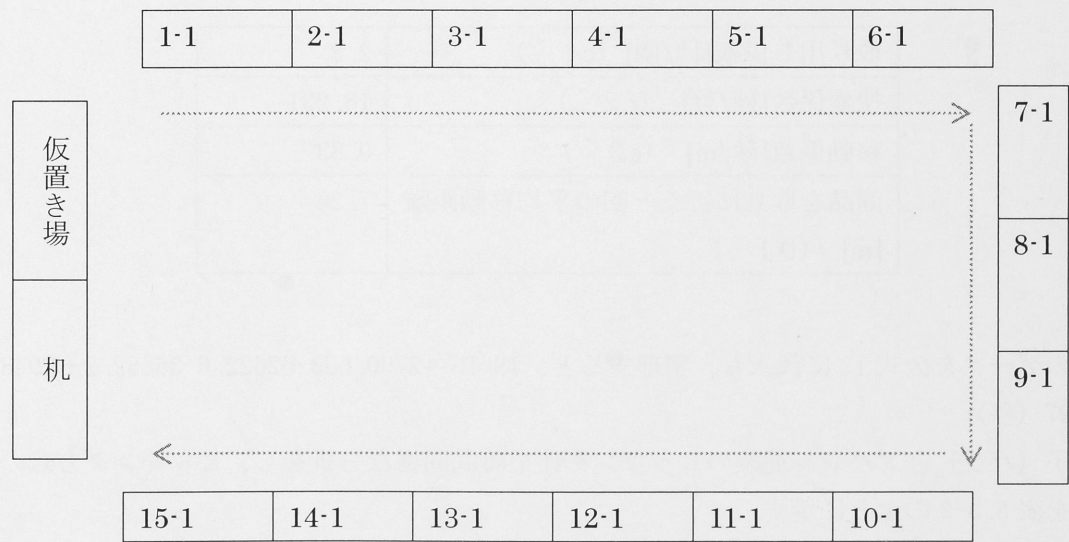


図 5.3-2 仕分エリアのレイアウト

図 5.3-2 で示したような仕分エリアで種まき方式の第二段階の仕分作業をする。種まき方式の第一段階でピッキングされた商品は、仕分エリアの仮置き場に置かれている。そして、棚の 1-1 から 15-1 に客先別のオリコンが置かれており、作業者はピッキング指示書に書かれている商品を持ち時計回りに注文した客先のオリコンに商品を投入していく。このように、始めにいた地点まで戻ってきて 1 回の作業完了とする。この作業を全ての商品がなくなるまで行う。

次に、表 5.3-1 に参考文献中小企業庁(20)且つ黒川（2011）(7) から、設定した作業時間を求めるために使用する係数の値を示す。

表 5.3-1 ピッキングエリアでピッキング作業に関する数値

取り出し係数[秒/個] (c 1)	2.2
搜索係数[秒/行] (c 2)	16.231
移動係数[秒/m] (c 3)	0.83
往復の移動平均距離[m] (D1)	36.026
商品間の移動平均距離[m] (D2)	6.305

以上の数値では摘み取り方式と種まき方式の第一段階のピッキング作業の中で使用できる。
 以上のデータを公式 5 に代入し、整理すると、 $TS-TB1=-31758.2+9095.492+11735.01=-10928$ (秒)

種まき方式の第二段階のピッキング作業は第一段階のピッキング作業手段が一緒なので、取り出し係数、移動係数と搜索係数が第一段階と一緒に考えられる。また、商品を取りに行く 1 回の平均移動距離など種まき方式の第二段階の仕分作業に関する係数の値を表 5.3-2 に示す。

表 5.3-2 仕分エリアでピッキング作業に関する数値

取り出し係数[秒/個] (c 1 ´)	2.2
搜索係数[秒/行] (c 2 ´)	16.231
移動係数[秒/m] (c 3 ´)	0.83
商品を取りに行く一回の平均移動距離 [m] (D 1 ´)	7.26

以上のデータを公式 12 に代入し、整理すると、 $TS-TB=2790.683-62622.6-36852.2+29487.51=-67197$ (秒)

お菓子（バラ）とアパレル通販のピッキング作業時間同様な分析をし、ピッキング方式の作業時間差を表 5.3-3 のように示す。

表 5.3-3 業種別 2 つピッキング方式の作業時間差

時間差 (s) 業種	TS-TB1	TS-TB
日用雑貨 (A)	-10928	-67197
お菓子 (バラ) (B)	61710	33874
アパレル (C)	-4533	-13385

表 5.3-3 より、日用雑貨とアパレルにおける 2 つピッキング方式の作業時間差が負になることから摘み取り方式が望ましいピッキング方式だと分かった。また、お菓子 (バラ) における 2 つのピッキング方式の作業時間差が正になるため、種まき方式が望ましいピッキング方式だと分かった。

5.4 検証結果

5.2 節で述べたように第4章で得られた知見から考察した望ましいピッキング方式は、日用雑貨は摘み取り方式、お菓子（バラ）は種まき方式、そして、アパレルは摘み取り方式。

これについて実際に作業時間を推計して検証したところ同様の結果となった。このことから第4章で得られた注文データから望ましいピッキング方式を選定する知見は有益といえる。

6. おわりに

6.1 研究結果

注文データに基づくピッキング方式の選定に関して検討を行った。その結果、次のようなことが分かった。

まず、注文データ中の E (客先数)、 I (種類数)、 Q (数量)、 L (行数) の値の大小関係により、望ましいピッキング方式が異なることが分かった。相対的に E と L の値が大きくなると種まき方式が望ましく、相対的に I と Q の値が大きくなると摘み取り方式が望ましい傾向にあることが分かった。具体的に、

①複数の客先 $EN > 1$ 且つ $IK = 1$ 、また $D1 > D2$ の場合、摘み取り方式の方が良いことがわかった。

②複数の客先 $EN > 1$ 且つ複数の商品 $IK > 1$ 、また $E \geq I$ の場合、摘み取り方式の方が良いことがわかった。

③ $E < I$ 、且つ $I \neq L$ の場合、摘み取り方式の方が良い可能性があることがわかった。

④ $E \geq I$ の場合、種まき方式の方が良い可能性があることが分かった。

⑤ $EN = 1$ 、また複数の商品 $IK > 1$ の場合、種まき方式の方が良い可能性があることが分かった。

⑥ $E = I = L$ 或いは $EN = 1$ 、 $IK = 1$ の場合、摘み取り方式と種まき方式どちらでも良いことが分かった。

以上のように注文データによって、望ましいピッキング方式があることが明らかとなった。

また、実際に作業時間を推計して検証したところ同様の結果となった。検討の所で得られた注文データから望ましいピッキング方式を選定する知見は有益といえる。

6.2 今度の課題

本研究では種まき方式の場合の第一段階と第二段階の間における運搬時間を考慮していない。また、各係数の値の関係についても考慮していない。今後はこれらのことについても考慮し、より詳細な検討を行っていく必要がある。

謝辞

研究及び論文の作成にあたり、終始そして昼夜問わず多大な御指導・御鞭撻をいただきました苦瀬博仁先生、黒川久幸先生に深くお礼申し上げます。また、お忙しい中、何かとお世話をしてくださいました博士の柯晟劼さん、鈴木理沙さん、大学院生の方捷瑤さん、竹内玲さん、学部生の鈴木ひろかさん深く感謝の意を表します。

参考文献

- (1) 吉原和彦「ピッキング設備導入の落とし穴」『LOGI-BIZ』7月号, 2010, PP. 34-35
- (2) DONALD J.BOWERSOX, DAVID J.CLOSS, M.BIXBY COOPER “Supply Chain Logistics Management” *McGraw-Hill*
- (3) JAMES R.STOCK, DOUGLAS M.LAMBERT “Strategic Logistics Management” *McGraw-Hill*, 2001
- (4) 日通総合研究所: 最新物流ハンドブック, 東京白桃書房神田, 1991
- (5) 小林峻「作業分析に基づいたWMSの機能改善による入庫入力・ピッキング作業の効率化」『全日本物流改善事例大会 2009』ppB-5-1 —B-5-8
- (6) 長谷川祐樹 高木陽介「日々管理で損益改善、作業効率大幅アップ！」『全日本物流改善事例大会 2010』ppA-3-1 —A-3-10
- (7) 黒川久幸 邢斐斐 葛剣橋 鶴田三郎「ピッキング作業の改善のための注文データから見た商品ロケーションの決定方法」『日本物流学会誌』19号, 平成23.5, pp. 49—56
- (8) KUAN-YU HU, TIEN-HSIANG CHANG, HSIN-PIN FU and HSIAOPING YEH “Improvement order picking in mobile storage systems with a middle cross aisle” *International Journal of Production Research*, Vol. 47, No. 4, February 2009, pp1089-1104
- (9) Jason Chao-Hsien Pan, Po-Hsun Shin “Evaluation of the throughput of a multiple-picker order” *Computers&Industrial Engineering* 55(2008) pp379-389
- (10) 三添郎宏 古川正志 宮脇恵理 渡辺美知子 鈴木育男 山本雅人「大規模物流センターにおけるオーダーピッキングのナビゲーションスケジューリングに関する研究」『精密工学会誌』Vol. 75 No. 10, 2009. 10. 05, pp. 1260-1264
- (11) 高橋毅 安東由紀 西田真 遠藤八郎「GAを用いた多品種少量物流倉庫におけるピッキング経路の自動導出に関する検討」『ファジィシステムシンポジウム講演論文集』Vol. 26th, 2010. 12, pp. ROMBUNNO. TA2-2
- (12) Zulfazli Bin Hussin 大寺亮 吉本富士市「リアルタイムバッチングによるピッキング支援システム」『電子情報通信学会技術研究報告』Vol. 111 No. 255 (CPSY2011 25-41), 2011. 10. 14, PP. 79-84
- (13) 岩尾詠一郎 小島崇弘 内野明「シミュレーション分析結果とデータの公開に関する研究」『専修大学情報科学研究所所報』No. 70, 2009. 02. 25, PP. 1-10
- (14) 武多一浩 西崎純一 梶田浩文 立原知明 日比野政彦「倉庫最適出荷管理システム」『日本機械学会交通・物流部門大会講演論文集』Vol. 9th, 2000. 12. 12, PP. 45-48
- (15) 「配送センターにおけるオーダーパターン・ピッキング手法の研究」『日本物流学会誌』4号, 平成7. 12, pp. 82—92
- (16) DUMRONGKIAT R-A 圓川隆夫 秋庭雅夫「オーダーピッキング方式の設計方法とそのコスト評価」『日本経営工学会誌』Vol. 35 No. 2, 1984. 06, PP. 91-97
- (17) 鈴木震; 配送センターシステム, 成山堂、1997
- (18) 鈴木震「EIQ配送センター・システム計画手法」『日本物流学会誌』12号, 平成16. 5, PP. 159-165
- (19) 高見慎一郎 北岡正敏 鈴木震「EIQ法を用いた配送センターにおける出荷特性に関する研

究」『日本経営工学会秋季研究大会予稿集』Vol. 2005 , 2005. 09. 12, PP. 84-85

(20) 中小企業庁「物流 ABC 準拠による物流施設パターン別ベンチマーキング・マニュアル」2005